



**SKRIPSIME - 141501**

**PERANCANGAN KONSTRUKSI SUPPORT  
TURBIN AIR UNTUK SISTEM TEKNOLOGI  
ENERGI ARUS LAUT**

Slamet Dwi Hariyanto  
NRP. 4213 105 025

Dosen Pembimbing :  
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD  
Irfan Syarif Arief, ST, MT.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**SKRIPSIME - 141501**

**CONSTRUCTION DESIGN SUPPORT  
SYSTEM FOR WATER TURBINE  
TECHNOLOGY ENERGY FLOW OF SEA**

Slamet Dwi Hariyanto  
NRP. 4213 105 025

Lecturer :  
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD  
Irfan Syarif Arief, ST, MT.

*DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Ocean Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016*

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **PERANCANGAN KONSTRUKSI SUPPORT TURBIN AIR UNTUK SISTEM TEKNOLOGI ENERGI ARUS LAUT**

#### **SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Manufacture And Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

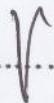
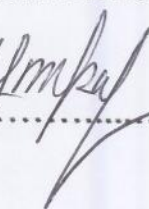
**SLAMET DWI HARIYANTO**

NRP 4213 105 025

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi :

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD  
Nip. 195904101967011001

Irfan Syarif Arief, ST, MT.  
Nip. 196912251997021001

(.....)  
(.....)

**SURABAYA**  
**Januari, 2016**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN KONSTRUKSI SUPPORT TURBIN AIR  
UNTUK SISTEM TEKNOLOGI ENERGI ARUS LAUT**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Manufacture And Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**SLAMET DWI HARIYANTO**

NRP 4213 105 025

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, MT.

NIP : 197706022006011007



**SURABAYA  
Januari, 2016**

# PERANCANGAN KONSTRUKSI SUPPORT TURBIN AIR UNTUK SISTEM TEKNOLOGI ENERGI ARUS LAUT

Nama Mahasiswa : Slamet Dwi Hariyanto  
NRP : 4213 105 025  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing : Irfan Syarif Arief, ST, MT.  
: Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD

## Abstrak

Turbin adalah suatu alat yang dipergunakan untuk mengkonversikan sebuah energi menjadi energi yang lain. Turbin mengkonversikan energi yang berasal dari alam, seperti angin, air, dan gas untuk diubah menjadi energi yang lebih bermanfaat. Pada tugas akhir ini akan membahas tentang perancangan konstruksi support turbin air untuk sistem teknologi energi arus laut. Perancangan konstruksi support turbin air dilakukan menggunakan simulasi komputer dengan menggunakan metode *Solidwork*. Material yang digunakan adalah profil L 50 mm x 50 mm x 5 mm ASTM A36. Sambungan konstruksi menggunakan sistem pengelasan. Dari hasil running support turbin yang sudah dilakukan dapat diketahui beberapa hasil untuk *stress von mises* sebesar 126,183,440 N/m<sup>2</sup>, *displacement* terbesar sebesar 0.678 mm, *strain* maksimal yaitu sebesar 4,976 x 10<sup>-4</sup>, dan *safety factor* minimal yaitu sebesar 2.

# **CONSTRUCTION DESIGN SUPPORT SYSTEM FOR WATER TURBINE TECHNOLOGY ENERGY FLOW OF SEA**

Nama Mahasiswa : Slamet Dwi Hariyanto  
NRP : 4213 105 025  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing : Irfan Syarif Arief, ST, MT.  
: Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD

## **Abstract**

Turbine is a tool used to convert an energy into other energy. Turbines convert the energy derived from nature, such as wind, water, and gas to be converted into useful energy. In this final project will discuss the design of a water turbine construction support system for ocean current energy technology. Support the construction of a water turbine design is done using computer simulations using Solidwork. The material used is L profiles 50 mm x 50 mm x 5 mm ASTM A36. Construction joints using welding systems. From the results of running the turbine support that has been done can be seen some results for von mises stress of 126,183,440 N / m<sup>2</sup>, the largest displacement of 0.678 mm, maximum strain that is equal to  $4,976 \times 10^{-4}$ , and a minimum safety factor that is equal to 2.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah hirobbil alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala anugerah dan ridhlonya, sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik skripsi yang berjudul “perancangan konstruksi support turbin air untuk sistem teknologi energi arus laut”.

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan *study* Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya. Oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga atas kasih sayang, doa dan dukungan.
2. Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, ST, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan - FTK ITS Surabaya.
3. Irfan Syarif Arief, ST, MT. Serta Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD selaku dosen pembimbing. Terima kasih atas kesabaran, waktu dan ilmu dalam membimbing serta pengarahan. Penulis mohon maaf atas segala kekhilafan dan kesalahan.
4. Bapak Trika Pitana ST. M.Sc. selaku koordinator Skripsi, dan seluruh dosen tim penguji Skripsi bidang studi *Marine Manufacture And Design* (MMD), yang telah bersedia mengevaluasi seluruh pengerjaan Skripsi ini.
5. Bapak Beni Cahyono ST, MT. selaku dosen wali selama saya memulai di bangku perkuliahan sampai selesai.
6. Semua pihak yang belum sempat disebut diatas, kami ucapkan terima kasih.

Penulis menyadari bahwasanya dalam pengerjaan serta pendokumentasian skripsi masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis sangat mengharapkan masukan serta saran yang membangun, guna menambah kelengkapan dan kesempurnaan untuk masa yang akan datang, semoga laporan skripsi ini bisa bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, Januari 2016

Penulis.



## DAFTAR ISI

Halaman Judul Ind .....	i
Halaman Judul Eng .....	ii
Lembar Pengesahan .....	iii
Abstrak .....	vii
Abstract .....	ix
Kata Pengantar .....	xi
Daftar Isi .....	xiii
Daftar Gambar .....	xvii
Daftar Tabel .....	xix

## BAB I

<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Skripsi .....	4
1.5 Manfaat .....	4

## **BAB II**

<b>2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian Arus Laut.....	5
2.1.2 Jenis – jenis Arus Laut.....	5
2.2 Pengertian Turbin Air .....	6
2.2.1 Komponen Dari Turbin Air .....	8
2.3. Macam – macam Turbin Arus Laut .....	8
2.3.1 Turbin Arus Laut Sumbu Vertikal (TALSV) .....	8
2.3.2 Turbin Arus Laut Sumbu Horisontal (TALSH) .....	9
2.4 Metode Elemen Hingga ( <i>Finite Element Method</i> ) .....	11
2.5 Tegangan .....	12
2.6 Regangan .....	14
2.7 Solid Works .....	15

## **BAB III**

<b>3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>17</b>
3.1 Identifikasi Perumusan Masalah .....	17
3.2 Studi Literatur .....	18
3.3 Pengumpulan Data .....	18
3.4 Perancangan Model .....	19

3.5 Pengujian Pada Model.....	19
3.6 Analisa Data dan Pembahasan .....	19
3.7 Kesimpulan dan Saran.....	20
3.8 Jadwal Pelaksanaan .....	22

## **BAB IV**

<b>4. ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1 Perancangan Ukuran Support Turbin .....	23
4.2 Beban Yang Bekerja Pada Support Turbin .....	26
4.3 Perencanaan Material .....	32
4.4 Simulasi Solid Works.....	40
4.5 Hasil Dari Simulasi .....	45

## **BAB V**

<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran .....	52
<b>6. DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xxi</b>
<b>7. LAMPIRAN .....</b>	<b>xxii</b>

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

## **DAFTAR GAMBAR**

### **BAB II**

#### **2. TINJAUAN PUSTAKA ..... 5**

2.1 Gambar jenis-jenis TALSV ..... 9

2.2 Gambar jenis-jenis TALSH ..... 10

### **BAB III**

#### **3. METODOLOGI PENELITIAN ..... 17**

3.1 Flow Chart Pengerjaan Skripsi ..... 21

### **BAB IV**

#### **4. ANALISA DAN PEMBAHASAN ..... 23**

4.1 Model Dengan jenis H-Darrieus ..... 23

4.2 Pandangan Samping Support ..... 24

4.3 Pandangan Atas Support ..... 24

4.4 Model Support Turbin ..... 25

4.5 Model Konstruksi Support Turbin ..... 25

4.6 Free Body Diagram Turbin ..... 27

4.7 Diagram Gaya dan Diagram Moment ..... 31

4.8 Diagram Moment Sruktur ..... 32

4.9 Diagram Momen Engsel ..... 35

4.10 Engsel Support ..... 38

4.11 Penahan Support ..... 38

4.12 Diagram Moment Penahan Support ..... 39

4.13 Penempatan Bearing.....	40
4.14 Pemilihan Material .....	41
4.15 Fixed Geometry.....	42
4.17 Distribusi Gaya .....	43
4.18 Meshing .....	44
4.19 Hasil Mess von Mises .....	46
4.20 Hasil Strain .....	48
4.21 Hasil Factor of Safety.....	49

## DAFTAR TABEL

### BAB IV

<b>4. ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1 Tabel Spesifikasi Material .....	34
4.2 Nilai R <sub>Ax</sub> pada berbagai Variasi Sudut .....	36
4.3 Spesifikasi Material .....	41
4.4 Analisa Desain Support Turbin .....	50

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pemanfaatan sumber daya mineral yang selama ini di *exploitasi* besar – besaran untuk sumber daya energi pembangkit listrik mengakibatkan terjadinya krisis energi. Disamping karena tidak bisa diperbarui, limbah yang di akibatkan juga berdampak pada kerusakan lingkungan. Maka dari itu banyak orang mencari sumber energi lain yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, sumber energy yang tidak berdampak pada lingkungan dan juga dapat di perbarui. Indonesia adalah negara maritim dimana 2/3 luasnya adalah lautan. Dimana letak geografi indonesia di apit oleh dua samudra dan dua benua di samping itu Indonesia adalah negara kepulauan sehingga memiliki pontensi sumber daya energi laut yang melimpah ruah. Salah satu yang dapat kita manfaatkan adalah arus laut yang cukup deras sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air sebagai mana untuk mengatasi krisis energi yang terjadi. Dikarenakan, penggunaan energi arus laut lebih ekonomis dibandingkan pembangkit listrik lainnya.

Turbin air adalah kincir air yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Prinsip dasar kerja secara umum dari turbin air adalah mengubah energi potensial dari arus laut menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang

akhirnya akan menghasilkan listrik. Pada dasarnya sangat diperlukan pertimbangan untuk mendesain konstruksi dari support turbin air itu sendiri. Sebab kekuatan dari konstruksi sangat penting untuk menjaga agar dalam pengoprasiannya tidak terjadi permasalahan. Laut merupakan salah satu tempat yang paling efektif untuk pemanfaatan turbin air sebagai energi arus laut. Karena energi arus yang ada di laut sangatlah berbeda dengan yang di darat. Selain dipengaruhi oleh kekuatan arus laut itu sendiri juga di pengaruhi oleh kekuatan angin dan gelombang laut.

Konstruksi support dari turbin air ini nantinya akan diperhitungkan dan juga di simulasikan dengan salah satu *software* yang dapat digunakan untuk simulasi support turbin air ini, yaitu *solidwork*. *Solidworks* merupakan sebuah software computer – *aided design* (CAD ) 3D yang mudah dioperasikan yang menyediakan solusi komprehensif untuk analisis pola stress, frekuensi, tekuk, serta panas. Software ini lebih sederhana dibandingkan dengan software CATIA yang sudah lebih dulu dikenal. Software ini menggunakan *platform Microsoft Windows* yang dikembangkan oleh *Solidworks Corporation* yang merupakan anak perusahaan dari *Dassault System,S.A*. Selain itu nantinya akan ditentukan material untuk support turbin air ini. Semakin kuat konstruksi dari turbin air maka dapat mengoptimalkan kinerja dari turbin air. Pembangunan turbin air dapat dilakukan di ponton atau media yang lainnya. Faktor besar yang sangat

mempengaruhi bagaimana bentuk dari konstruksi turbin air yaitu kekuatan arus laut dan juga aliran gelombang yang tidak bisa stabil dan hanya dapat dilakukan dengan pamantauan keadaan yang akan dilakukan pemasangan turbin air atau dapat juga dengan mensimulasikan sedemikian hingga agar dapat menyerupai kondisi seperti kenyataannya. Hasil yang diharapkan yaitu agar dapat memberikan gambaran bagaimana seharusnya konstruksi dari pondasi turbin air yang sesuai dan dapat beroperasi dengan optimal. Dan juga dapat menjadi pertimbangan untuk mendesain pondasi dari turbin air yang sudah sesuai.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dijawab penyelesaiannya adalah:

1. Bagaimana bentuk konstruksi support turbin air.
2. Bagaimana perhitungan maupun simulasi terhadap bentuk konstruksi.
3. Menentukan material yang tepat untuk konstruksi support turbin air.

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dilakukan dengan maksud agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu melebar, Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini Batasan Masalahnya antara lain :

1. Perancangan dilakukan menggunakan simulasi komputer dengan menggunakan metode *Solidwork*.
2. Tidak memperhitungkan getaran yang diakibatkan oprasional turbin
3. Tidak memperhitungkan kapasitas crane yang digunakan.
4. Sambungan konstruksi menggunakan sistem pengelasan.
5. Analisa yang dilakukan yaitu analisa statis pada konstruksi turbin.

#### **1.4. Tujuan Skripsi**

Tujuan dari analisa ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui bentuk konstruksi yang tepat digunakan untuk support turbin air.
2. Mengetahui perhitungan maupun simulasi dari bentuk konstruksi support tersebut.
3. Mengetahui material apa yang tepat digunakan untuk konstruksi support turbin air.

#### **1.5. Manfaat**

Kegunaan dan manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam menentukan sebuah perancangan konstruksi support turbin air.
2. Diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan pilihan dalam penggunaan baik desain pondasi maupun jenis material yang digunakan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Arus Laut**

Arus laut adalah aliran air yang bergerak yang di akibatkan oleh pasang surut air laut, grafitasi, perbedaan suhu, atau densitas air.[5]

Arus laut adalah suatu pergerakan massa air secara vertikal serta juga horizontal sehingga menuju suatu keseimbangannya, atau juga gerakan air yang sangat luas yang terjadi pada seluruh lautan didunia. Arus itu juga merupakan suatu gerakan mengalir suatu massa air yang disebabkan karena tipuan angin atau juga perbedaan densitas ataupun pergerakan gelombang panjang.[9]

##### **2.1.2 Jenis – jenis Arus laut**

A. Berdasarkan dengan proses terjadinya :

1. Arus ekman ialah Arus yang dipengaruhi oleh angin.
2. Arus termohaline ialah Arus yang dipengaruhi oleh densitas serta gravitas.
3. Arus pasut ialah Arus yang dipengaruhi oleh adanya pasut.
4. Arus Geostropik ialah Arus yang dipengaruhi oleh adanya gradien tekanan mendatar serta juga gaya corolis.
5. Arus Wind driven current ialah Arus yang dipengaruhi oleh adanya pola pergerakan angin serta terjadi pada lapisan permukaan.

B. Berdasarkan tingkat kedalamannya :

1. Arus permukaan ialah Terjadi di beberapa ratus meter dari suatu permukaan, bergerakanya ialah dengan arah horizontal serta juga dipengaruhi oleh pola sebaran angin.
2. Arus dalam ialah Terjadi jauh pada dasar kolom perairan, arah pergerakannya itu tidak dipengaruhi oleh adanya pola sebaran angin serta juga membawa massa air dari daerah kutub ke daerah yang ekuator.

## **2.2 Pengertian Turbin Air**

Turbin adalah suatu alat yang dipergunakan untuk mengkonversikan sebuah energi menjadi energi yang lain. Turbin mengkonversikan energi yang berasal dari alam, seperti angin, air, dan gas untuk diubah menjadi energi yang lebih bermanfaat. Salah satunya adalah turbin air. Turbin air mengubah energi yang dihasilkan oleh aliran air menjadi energi listrik. Turbin air digunakan di PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) untuk mengubah energi dari air yang tertampung dibendungan untuk dikonversikan menjadi energi listrik yang dialirkan ke rumah masyarakat.

Air merupakan sumber energi yang sangat melimpah, terlebih pada saat musim penghujan. Oleh karena itu, air perlu dimanfaatkan untuk diubah menjadi energi yang lain yaitu energi listrik. Pemanfaatan energi dari air untuk menjadi energi listrik membutuhkan suatu alat konversi energi,

yaitu turbin air. Gaya potensial air akan mendorong sudu-sudu pada turbin air yang kemudian menggerakkan poros turbin dan selanjutnya akan diteruskan melalui transmisi gaya ke generator untuk menghasilkan energi listrik.[6]

Dari generator energi putar tersebut memutar rotor sehingga terjadi perpotongan medan magnet antara rotor dan stator, perpotongan medan magnet tersebut menimbulkan arus listrik. Pada struktur turbin tanpa Duct, energi yang dihasilkan oleh rotor relatif kecil karena penurunan tekanan aliran di daerah sekitar rotor sangat kecil sehingga aliran juga kecil. Dengan menggunakan duct, maka arus dapat dipercepat hampir dua kali lipat karena terjadi penurunan tekanan (Pressure drop yang cukup besar) sehingga menyebabkan peningkatan kecepatan aliran menuju rotor . Peningkatan kecepatan ini berpengaruh pada semakin besar-nya tenaga yang dihasilkan untuk menghasilkan listrik, atau dengan kata lain untuk menghasilkan tenaga yang sama maka dimensi dari rotor bisa diperkecil hampir separuhnya sehingga akan menghemat biaya produksi.

Suatu kenyataan bahwa masih banyak saudara-saudara kita yang sampai dengan saat ini belum bisa menikmati layanan listrik PLN dikarenakan keterbatasan supply bahan bakar untuk pembangkit listrik maupun lokasi yang sulit dijangkau untuk keperluan transmisi dan distribusi sehingga secara ekonomis PLN merasa tidak *profitable* (tarif listrik lebih rendah dari biaya operasional). Instalasi turbin arus ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan

di atas. Sehingga masih banyak pihak yang mengembangkan turbin air ini.

#### 2.2.1 Komponen Dari Turbin Air

- a. Rotor, yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari :
  - Sudu-sudu, berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh nozzle.
  - Poros, berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu.
  - Bantalan, berfungsi sebagai perapat-perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.
- b. Stator, yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :
  - Pipa pengarah / nozzle yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan didalam sistem besar.
  - Rumah turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen turbin.

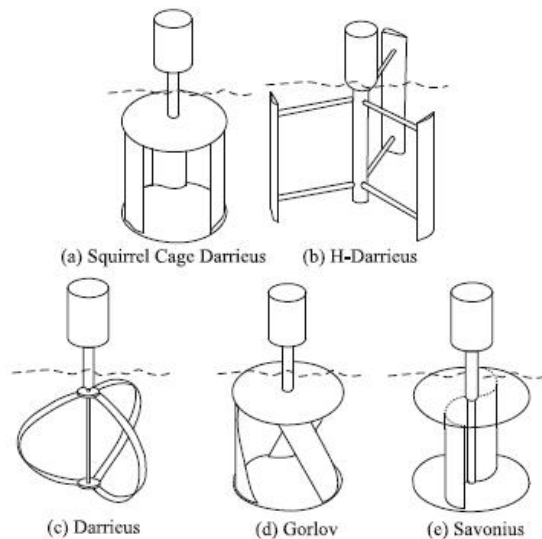
### 2.3 Macam – macam Turbin Arus Laut

#### 2.3.1 Turbin Arus Laut Sumbu Vertikal (TALSV)

Turbin arus laut sumbu vertikal/tegak (atau TALSV) memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke arus agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah arusnya sangat bervariasi. TALSV mampu mendayagunakan arus dari berbagai



arah. Dengan sumbu yang vertikal, generator serta *gearbox* bisa ditempatkan di atasnya, sehingga tidak banyak memakan tempat dan juga lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. *Drag* (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar.



**GAMBAR 2.1 JENIS-JENIS TALSV[7]**

### 2.3.2 Turbin Arus Laut Sumbu Horisontal (TALSH)

Turbin arus laut sumbu horizontal (TALSH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di susun secara horisontal. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling air yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada

umumnya menggunakan sebuah sensor arus yang digandengkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah arusnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh arus berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan. Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting.



**GAMBAR 2.2 JENIS-JENIS TALSH [8]**

## 2.4 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)

Metode Elemen Hingga atau yang lebih dikenal dengan *Finite Element Method*, merupakan suatu metode numerik dengan tujuan memperoleh pemecahan pendekatan dari suatu persamaan diferensial parsial. *Finite Element Method* (FEM), dewasa ini telah banyak diterapkan untuk menyelesaikan berbagai persoalan teknik seperti struktur, dinamika fluida, perpindahan panas maupun elektromagnetik.

Digunakannya metode ini dikarenakan beberapa masalah yang teridentifikasi terlalu sulit untuk dipecahkan perumusannya oleh metode-metode lama. Beberapa permasalahan tersebut diantaranya cenderung pada analisa *stress*, konduksi panas, atau beberapa analisa yang saling terkait satu sama lain. Akan tetapi secara teori dasar adanya metode ini yaitu digunakan untuk melakukan analisa *stress* pada suatu struktur.

Kelebihan dari penggunaan metode elemen hingga ini lebih kepada tingkat fleksibilitas yang dapat diaplikasikan pada berbagai macam permasalahan *engineering*. Selain itu dengan menggunakan metode elemen hingga, kita dapat menganalisa suatu permasalahan secara aktual dan akurat karena memiliki kemiripan fisik secara *real* di lapangannya yaitu antara kemiripan secara aktual struktur di lapangan dengan model yang dibentuk oleh elemen hingga. [3]

Secara mendasar, ada dua karakteristik yang membedakan penggunaan metode elemen hingga dengan metode numerik yang lainnya yaitu:

1. Metode elemen hingga menggunakan fungsi-fungsi kontinyu untuk pendekatan parameter-parameter yang belum diketahui.
2. Metode elemen hingga menggunakan persamaan integral untuk menghasilkan sistem persamaan aljabar.

## 2.5 Tegangan

Permasalahan yang sering timbul pada bidang teknik (*engineering*) mengharuskan para perancang / perekayasa untuk memperhatikan dan memperhitungkan adanya tegangan-tegangan (*stress*) dan kekuatan (*strenght*) dalam suatu perencanaan elemen konstruksi. Secara umum hal ini dimulai dengan:

- a. Memperhatikan beban-beban (*loads*) dari luar yang bekerja pada suatu struktur.
- b. Memperhatikan beban-beban yang berasal dari berat bagian-bagian struktur itu sendiri.
- c. Menentukan lokasi kritis dari struktur akibat beban yang ada, dan menghitung besar beban yang bekerja pada daerah kritis tersebut.

Tegangan adalah besarnya gaya yang bekerja pada suatu benda dengan luas penampang tertentu. Tegangan dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu tegangan normal ( $\sigma$ ) dan tegangan geser ( $\tau$ ).

Tegangan normal adalah besar gaya yang bekerja pada suatu penampang benda yang arahnya tegak lurus dengan penampang tersebut, sedangkan

tegangan geser adalah besar gaya yang bekerja pada suatu penampang yang arahnya sejajar penampang tersebut, dan keduanya dapat dirumuskan sebagai berikut. [4]

$$\text{Besar tegangan normal: } \sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

$$\text{Besar tegangan geser: } \tau = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

Dimana:

$\sigma$  = tegangan normal ( $\text{N/m}^2$ )

$\tau$  = tegangan geser ( $\text{N/m}^2$ )

F = gaya (N)

A = luas permukaan ( $\text{m}^2$ )

Pembebanan yang terjadi pada suatu benda dapat berupa beban tunggal saja (akibat gaya, momen, torsi) atau beban gabungan (penggabungan ketiga jenis beban akibat gaya, momen, dan torsi).[2]

. Beban-beban yang akan bekerja pada support turbin tersebut antara lain :

a) Beban statis (beban tetap)

Beban statis (beban tetap) adalah beban yang disebabkan adanya instalasi dan peralatan – peralatan seperti berat dari turbin, berat dari generator, berat dari peralatan transmisi daya, dan berat dari konstruksi support itu sendiri.[3]

b) Beban dinamis (beban tidak tetap)

Beban dinamis (beban tidak tetap) adalah beban yang timbul karena *bending momen* yang disebabkan oleh operasional dari turbin, orang yang bekerja di atas

support dan peralatan yang di bawah, hembusan angin, dan gelombang air laut.[3]

Dari pertimbangan beban - beban yang bekerja pada konstruksi support turbin air, di desain dan disimulasikan dengan menggunakan *software solidwork*. Sehingga dapat di ketahui apakah jenis material yang kita pilih dan desain yang kita buat cukup kuat untuk menopang beban – beban yang bekerja.

Pada umumnya, analisis tegangan yang dilakukan akibat suatu pembebanan bertujuan untuk mengetahui pada posisis mana terjadi tegangan yang paling besar (tegangan kritis), sehingga dapat dilakukan suatu hal untuk mengantisipasinya. Dalam hal ini, analisis yang dilakukan adalah terhadap suatu titik tertentu pada benda yang dianggap pada titik tersebutlah tegangan maksimum terjadi akibat pembebanan yang ada.[4]

## **2.6 Regangan**

Konsep regangan (*strain*) adalah hal yang sangat penting dan mendasar bagi para perancang dalam perencanaan dan aplikasi suatu elemen konstruksi yang mengalami defleksi. Jika pada suatu elemen konstruksi diberi beban dan beban ini bekerja terus-menerus maka elemen konstruksi tersebut suatu saat akan mengalami “*yielding*” atau bahkan sampai patah (*fracture*). Karenanya kita harus mampu menghitung seberapa besar regangan yang terjadi pada suatu elemen konstruksi sehingga elemen konstruksi tersebut selalu berada pada kondisi aman.[4]

## 2.7 SolidWorks

*SolidWorks* adalah sebuah program *Computer Aided Design (CAD)* 3D yang menggunakan sistem operasi *Microsoft Windows*. Program ini dikembangkan oleh *SolidWorks Corporation*, yang merupakan anak perusahaan dari *Dassault Systemes, S.A.* *SolidWorks* merupakan program penting yang mulai banyak digunakan pada industry saat ini. Program ini relatif lebih murah dan mudah digunakan dibandingkan program-program sejenisnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Untuk menyelesaikan permasalahan dalam desain konstruksi support turbin air ini, metode yang digunakan adalah dengan menggunakan *software solidwork*. Dengan langkah – langkah proses pengerjaan sebagai berikut:

#### **3.1 Identifikasi Perumusan Masalah**

Tahap awal ini merupakan tahap dimana memulai untuk mencari dan mengidentifikasi masalah yang dianggap pantas untuk dijadikan ide skripsi dan belum pernah dipakai oleh orang lain. Setelah mendapatkan ide skripsi tersebut dirumuskan permasalahan yang perlu dibahas apa saja terkait dengan judul skripsi tersebut. Identifikasi dan perumusan masalah yang diambil dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

Pada perencanaan support turbin ini direncanakan menggunakan engsel agar dapat di angkat dan tidak mengganggu perjalanan sewaktu ponton akan di tempatkan. Disamping itu, pemberian engsel juga memberikan kemudahan dalam perbaikan bagian – bagian turbin.

Berdasar uraian diatas disampaikan beberapa hipotesa yang antara lain:

1. Keunggulan dilihat dari pemindahan ponton, tidak lagi dikawatirkan terjadinya benturan terhadap turbin karena dapat di angkat sewaktu pemindahan.
2. Apabila terjadi kerusakan pada turbin perawatannya mudah dan tidak perlu di bawah ke darat.

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Membuat perancangan konstruksi Support turbin air sumbu vertikal.
2. Melakukan simulasi untuk memodelkan perancangan konstruksi turbin angin menggunakan *software* “Solidwork” serta menganalisisnya.

### **3.2 Studi Literatur**

Berdasarkan permasalahan yang telah ditentukan sebelumnya, tahapan selanjutnya adalah mencari literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti. Literatur bisa bersumber dari buku, jurnal, artikel atau penelitian sebelumnya yang masih berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur ini bertujuan untuk membantu dalam menyelesaikan permasalahan yang ada berdasarkan teori maupun cara yang seharusnya dilakukan. Studi literatur ini juga digunakan untuk mencari tahu apakah penelitian serupa sudah pernah dilakukan atau belum. Dari sini bisa diketahui apakah penelitian yang akan dilakukan bisa dikerjakan atau tidak sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

### **3.3 Pengumpulan Data**

Setelah dilakukan studi literatur, penelitian bisa dilanjutkan jika terdapat data yang sesuai dengan keinginan seperti keadaan lingkungan dimana turbin air ini di tempatkan, kapasitas dan dimensi dari turbin air beserta peralatannya. Yang bisa di dapatkan dari internet atau pihak terkait yang akan memakainya.

- a) Pengumpulan Data Spesifikasi dari Lapangan :  
Tipe turbin air : TALSV

Merk	: DARRIEUS
Power	: 3 KW
Dimensi <i>blade</i>	: (1,5 x 0,1) m
Jumlah <i>blade</i>	: 3
Rpm	: 150
Berat turbin	: 136 kg
Diameter Generator	: 165 mm
Berat Generator	: 17 kg
Dimensi support	: P = 2 m, L = 2 m, t = 2 m
Kecepatan laju arus	: 2 – 3.8 m/s

### 3.4 Perancangan Model

Pada tahap ini dilakukan penggambaran konstruksi support turbin air sumbu vertical. Model konstruksi support turbin air di desain dengan menggunakan bantuan perangkat lunak (*software solidwork*) yang bisa digunakan untuk pembuatan model dan simulasi model tersebut.

### 3.5 Pengujian pada model

Pada tahap ini dilakukan simulasi pengujian pada model. Setelah desain dibuat, selanjutnya di pilih material yang akan digunakan. Setelah itu dilakukan proses meshing, apabila proses meshing telah selesai, selanjutnya di lakukan pemilihan tumpuhan. Setelah pemilihan tumpuan, selanjutnya dilakukan pembebanan dengan cara menginput external loads. Setelah semua proses di atas dilakukan desain tersebut disimulasikan.

### 3.6 Analisa Data dan Pembahasan

Setelah didapatkan data hasil pengujian pada desain, dilakukan analisa data dan pembahasan pada hasil

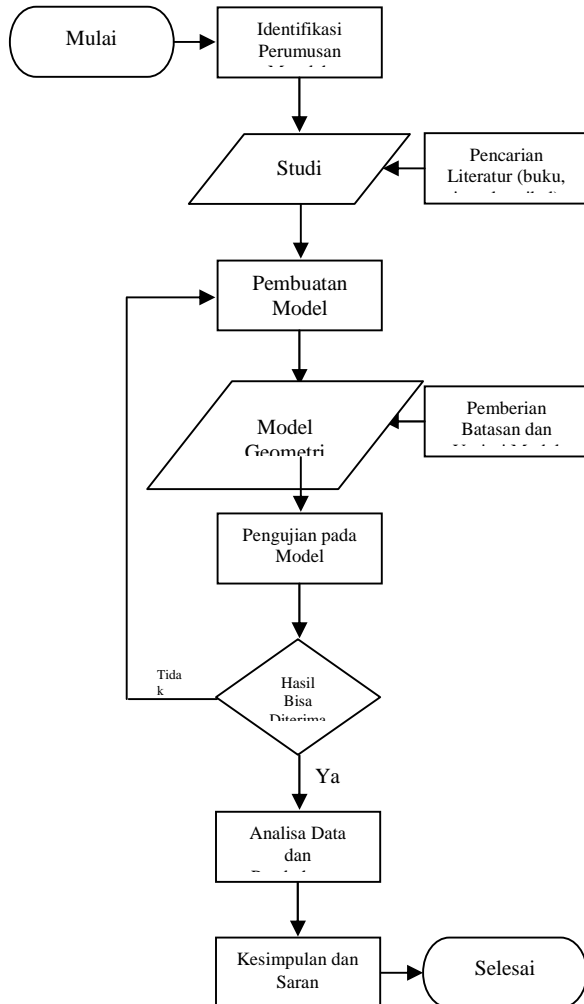
pengujian desain berdasarkan teori dan cara penyelesaian masalah yang didapat pada saat studi literatur. Analisa data dan pembahasan ini bertujuan untuk menentukan proses pengambilan keputusan demi mendapatkan jawaban dari permasalahan yang ada sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian.

### **3.7 Kesimpulan dan Saran**

Dengan memperhatikan beberapa pertimbangan, dari analisa data dan pembahasan selanjutnya bisa dilakukan pengambilan keputusan untuk menarik kesimpulan dari seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan. Kesimpulan yang didapat merupakan jawaban dari permasalahan dalam penelitian ini. Kesimpulan ini merupakan hasil akhir dari penelitian yang dilakukan.

Dalam proses pengerjaan penelitian ini, kemungkinan ada kendala ataupun sesuatu yang belum bisa dikerjakan dalam penelitian karena suatu keterbatasan. Sehingga diperlukan saran – saran mengenai proses dan hasil yang didapat dari penelitian ini untuk pengembangan penelitian selanjutnya agar lebih baik lagi.

Adapun *flowchart* dari langkah – langkah dalam proses pengerjaan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.



**Gambar 3.1** *Flow chart* pengerjaan skripsi

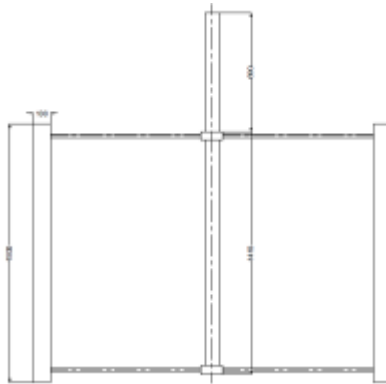
### **3.8 JADWAL PELAKSANAAN**

Jadwal kegiatan pelaksanaan penelitian dilaksanakan di semester gasal tahun ajaran 2015 - 2016, dilaksanakan antara awal September sampai pertengahan januari.

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

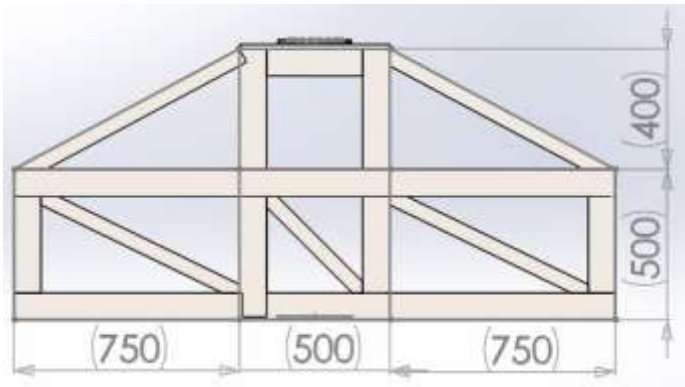
### 4.1 Perancangan Ukuran Support Turbin

Turbin yang digunakan dalam perencanaan ini adalah turbin sumbu vertikal (TSV) dengan jenis H-Darrieus. Turbin memiliki 3 buah daun (*blade*) dengan lengan untuk menghubungkan antara *blade* dan poros. Poros turbin memiliki total panjang 2,1 meter. *Blade* terbuat dari bahan alumunium dengan lebar cord 0,1 meter dengan tinggi 1.5 meter. Blade memiliki ketebalan 0,02 m dan berat turbin adalah 136 kg Kecepatan aliran air yang akan memutar turbin direncanakan sebesar 3 m/s. Gambar 4.1 merupakan gambar perencanaan turbin secara umum.

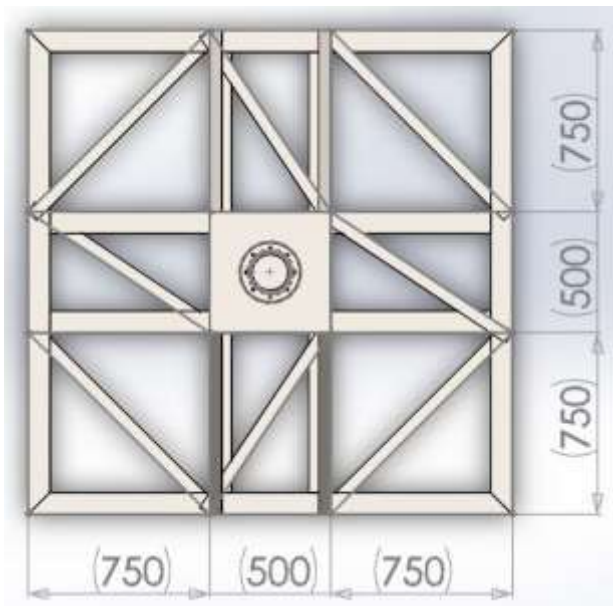


**Gambar 4.1 Model Dengan jenis H-Darrieus**

Dari data yang telah diperoleh, didapatkan ukuran support turbin memiliki panjang = 2 m, lebar = 2 m dan tinggi = 0,5 m. seperti pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3

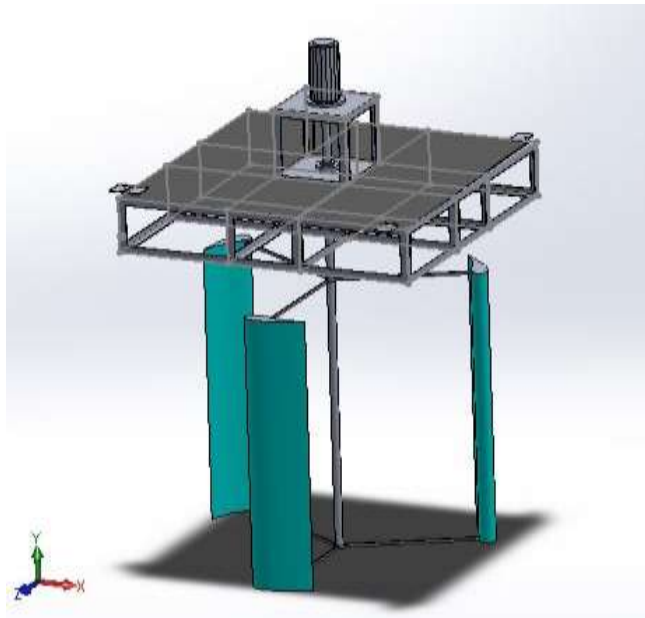


**Gambar 4.2 Pandangan Samping Support**



**Gambar 4.3 Pandangan Atas Support**





**Gambar 4.4 Model Support Turbin**



**Gambar 4.5 Model Konstruksi Support Turbin**

## 4.2 Beban Yang Bekerja Pada Support Turbin

Dari data yang sudah ada maka untuk support turbin ini yang digambarkan dengan menggunakan pemodelan seperti yang di tunjukan pada gambar 4.4 beban – beban yang bekerja antara lain.

### 4.2.1 Beban karena berat konstruksi support

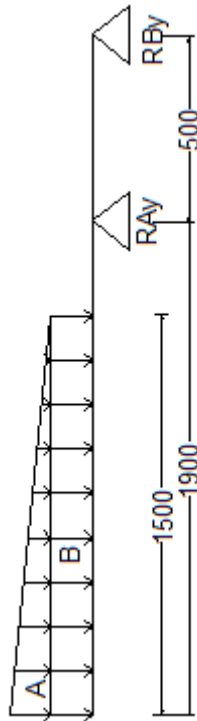
- Massa support turbin = 618,81 kg
- gaya yang ditimbulkan =  $m \times g$  ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )  
=  $618,81 \times 9,81$   
= 6070,526 N

### 4.2.2 Beban karena berat turbin

- Massa Turbin = 136 kg
- Massa poros turbin = 205,94 kg
- gaya yang ditimbulkan =  $m \times g$  ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )  
=  $205,94 \times 9,81$   
= 3354,43 N

### 4.2.3 Beban karena oprasional turbin

Poros nantinya akan dikenai gaya tekan dan gaya kinetik dari momentum fluida yang mengenai blade dan nantinya akan menyebabkan bending pada poros dan dari poros akan di teruskan ke support turbin. Gaya gaya tersebut nantinya akan tersebar secara merata pada *blade*. Gambar 4.5. merupakan gambar dari *free-body* diagram dari turbin



**Gambar 4.6 free-body diagram turbin**

Dari gambar diatas, A merupakan gaya tekan yang nantinya akan mengenai blade. Dimana semakin keatas, besar tekanan yang mengenai *blade* pada turbin menjadi semakin kecil. Gaya tekan tersebut dapat dihitung dengan persamaan:

$$\mathbf{F = P \times A}$$

Dimana :

P = tekanan hidrostatik (N/m<sup>2</sup>)

A = luas permukaan blade (m<sup>2</sup>)

= t (blade) x l (blade)

$$= 1,5 \times 0,1$$

$$= 0,15 \text{ m}^2$$

Tekanan hidrostatik sendiri dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P = \rho gh$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \rho &= \text{massa jenis air} \\ &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\ g &= \text{percepatan gravitasi} \\ &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\ h &= \text{kedalaman} \\ &= 1,41 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung tekanan,

$$\begin{aligned} P &= \rho gh \\ &= 1025 \times 9,81 \times 1,41 \\ &= 14452,5 \text{ N / m}^2 \end{aligned}$$

Setelah tekanan diketahui, maka gaya (A) dapat dihitung:

$$\begin{aligned} F &= PA \\ &= 14452,5 \times 0,15 \\ &= 2167,9 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari gambar 4.5, B merupakan gaya kinetik dari momentum fluida yang akan mengenai blade. Untuk nilai B dapat dihitung dengan penurunan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Daya} = Fv$$

$$\begin{aligned}\text{Daya} &= \frac{1}{2} \frac{m}{s} v^2 \\ &= \frac{1}{2} \dot{m} v^2 \\ &= \frac{1}{2} \rho \dot{V} v^2 \\ &= \frac{1}{2} \rho A v v^2 \\ Fv &= \frac{1}{2} \rho A v^3\end{aligned}$$

Sehingga,

$$F = \frac{1}{2} \rho A v^2$$

Dimana,

$$\begin{aligned}\rho &= \text{massa jenis air} \\ &= 1025 \text{ kg/m}^3 \text{ pada suhu } 26^0\text{C} \\ A &= \text{luas permukaan blade} \\ &= 0,15 \text{ m}^2 \\ v &= \text{kecepatan aliran air} \\ &= 3 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}F &= \frac{1}{2} \rho A v^2 \\ F &= \frac{1}{2} \times 1025 \times 0,15 \times 3^2 \\ F &= 691,9\text{N}\end{aligned}$$

Berdasarkan Hukum III Newton dimana untuk setiap aksi selalu ada reaksi yang sama besar dan

berlawanan arah. Pada gambar 4.5,  $R_{Ay}$  dan  $R_{By}$  merupakan gaya reaksi. Sehingga, total gaya yang nantinya akan berpengaruh pada poros turbin adalah :

$$\begin{aligned}\sum F_y &= R_{Ay} + R_{By} = A + B \\ R_{Ay} + R_{By} &= 2859.75 \text{ N}\end{aligned}$$

Nilai  $R_{Ay}$  dan  $R_{By}$  dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\sum M = 0$$

Jika momen dihitung pada titik  $R_{By}$ , maka,

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ R_{Ay}(0.5) - A(2.4) - B(2.4) \cdot 0.5 \cdot 2.4 &= 0 \\ R_{Ay}(0.5) - 2167.9(2.4) - 691.9(2.4) \cdot 1.2 &= 0 \\ R_{Ay}(0.5) - 5202.96 - 1992.67 &= 0 \\ R_{Ay}(0.5) - 7195.63 &= 0 \\ R_{Ay}(0.5) &= 7195.63 \\ R_{Ay} &= 14391.264\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}\sum F_y &= R_{Ay} + R_{By} = A + B \\ 14391.264 + R_{By} &= 5894.86 \text{ N} \\ R_{By} &= -8496.404 \text{ N}\end{aligned}$$

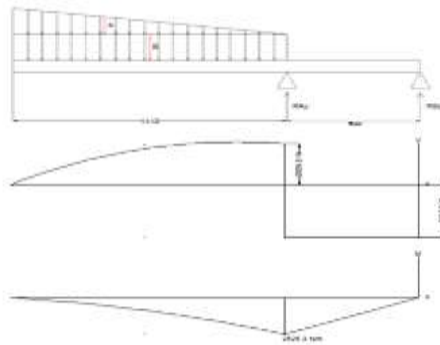
Untuk menghitung besarnya momen bending, pada gambar 4.5, pada jarak  $x = 0$ , maka besar momen adalah,

$$\begin{aligned}M(0) &= R_{By}(x) \\ &= -8496.404(0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Sedangkan, untuk momen lentur yang terjadi  $x = 0,5$ , besar momen adalah

$$\begin{aligned} M(0,5) &= R_{By}(0) + R_{Ay}(0,5) \\ &= -8496,404(0) + 14391,264(0,5) \\ &= 0 + 7195,632 \\ &= 7195,632 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai dari gaya dan momen yang mengenai poros, maka dapat digambarkan diagram gaya dan diagram momen seperti pada gambar 4.6.



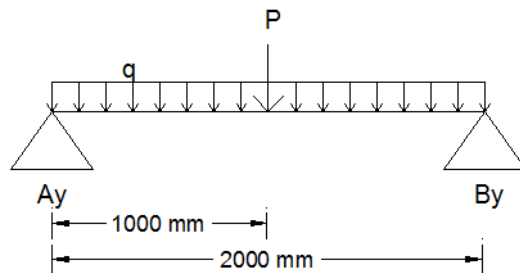
**Gambar 4.7 Diagram gaya dan diagram momen**

Dari gambar diatas, diketahui bahwa momen bending maksimal yang bekerja pada poros adalah sebesar 7195,632 Nm. Momen bending tersebut merupakan momen yang dihitung dari gaya-gaya yang mengenai salah satu blade, sedangkan perencanaan turbin diketahui menggunakan 3 blade, maka total momen bending yang akan mengenai poros adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 M_{\text{total}} &= M \times 3 \\
 &= 7195,632 \times 3 \\
 &= 21.586,896 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

#### 4.3 Perencanaan Material

setelah beban – beban yang akan bekerja pada konstruksi support di ketahui maka, dari pembebanan tersebut telah direncanakan material yang akan di gunakan.



**Gambar 4.8 Diagram momen Struktur**

Dimana :

$A_y$  adalah tumpuan engsel dan  $B_y$  tumpuan jepit

$P$  = gaya dari berat turbin, generator, dan poros.  
 $= 3354,43 \text{ N}$

$q$  = gaya dari berat konstruksi support  
 $= 6070,526 \text{ N}$

Berdasarkan Hukum III Newton dimana untuk setiap aksi selalu ada reaksi yang sama besar dan



berlawanan arah. Pada gambar 4.7,  $R_{Ay}$  dan  $R_{By}$  merupakan gaya reaksi. Sehingga, total gaya yang nantinya akan berpengaruh pada konstruksi adalah :

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= R_{Ay} + R_{By} = P + q l_1 \\ R_{Ay} + R_{By} &= 3354,43 + 6070,526 \cdot 2 \\ &= 15495.482 \text{ N}\end{aligned}$$

$$R_{Ax} = 0$$

Nilai  $R_{Ay}$  dan  $R_{By}$  dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\Sigma M = 0$$

Jika momen dihitung pada titik  $R_{Ay}$ , maka,

$$\begin{aligned}R_{By} \cdot l_2 - P \cdot l_1 - q \cdot l_2 \cdot (l_2/2) &= 0 \\ R_{By} \cdot 2 - 3354,43 \cdot 1 - 6070,526 \cdot 2 \cdot (2/2) &= 0 \\ R_{By} \cdot 2 - 3354,43 - 12141,052 &= 0 \\ R_{By} \cdot 2 - 15495.482 &= 0 \\ R_{By} &= 15495.482 / 2 \\ &= 7747,741 \text{ N}\end{aligned}$$

Sehingga dimensi profil yang digunakan untuk konstruksi support turbin adalah

$$\begin{aligned}F_{\text{total}} &= F_y + F_x \\ &= 7747,741 \text{ N} + (21.586,896 / 2) \text{ N} \\ &= 18.541,189 \text{ N}\end{aligned}$$

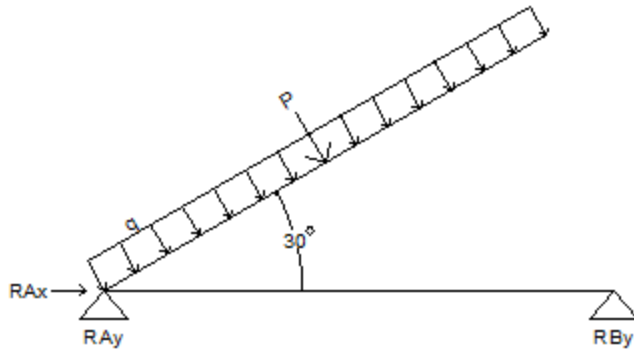
$$\begin{aligned}\sigma &= F/A \\ A &= (F/\sigma) \times 2 \text{ (sefty factor)} \\ &= (18.541,189 \text{ N} / 250 \text{ N/mm}^2) \times 2 \\ &= 148.329 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dari pemodelan dan perhitungan di atas diperoleh material profil L dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 5 mm dengan jenis material ASTM A36.

Setelah pemodelan support selesai selanjutnya menggambarkan engselnya. Support turbin di desain di pasangkan engsel agar dapat diangkat, hal ini untuk menghindari terjadinya benturan dengan batu karang di perairan dangkal saat pemindahan dan juga apabila cuaca buruk. Untuk memperkuat ikatan engsel dan menjaga kondisi dari support, sendiri ditambahkan penjepit pada bagian belakang. Dalam mendesain engsel support turbin menggunakan material AISI 1010

**Tabel 4.1 Spesifikasi material**

Property	Value	Units
Elastic Modulus	200000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	80000	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	7870	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	325	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	180	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	1.22e-005	/K
Thermal Conductivity	51.9	W/(m.K)
Specific Heat	448	J/(kg.K)
Material Damping Ratio		N/A



**Gambar 4.9 Diagram Momen Engsel**

Berdasarkan Hukum III Newton dimana untuk setiap aksi selalu ada reaksi yang sama besar dan berlawanan arah. Pada gambar 4.7 menunjukan saat support tidak di angkat, sedangkan saat support di angkat diagram momen engsel di tunjukan pada gambar 4.8.  $R_{Ay}$  dan  $R_{By}$  merupakan gaya reaksi. Sehingga, total gaya yang nantinya akan berpengaruh pada konstruksi adalah :

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= \text{berat kosntruksi} + \text{berat Turbin} \\ &= 6070,526 + 3354,43 \\ &= 9424,956 \text{ N} \end{aligned}$$

$$R_{Ay} = \text{Tumpuan Engsel}$$

$$R_{By} = \text{Tumpuan Jepit}$$

$$\Sigma F_Y = R_{Ay} + R_{By} = P + ql_1$$

$$\begin{aligned} R_{Ay} + R_{By} &= 3354,43 + 6070,526 \cdot 2 \\ &= 15495,482 \text{ N} \end{aligned}$$

$$R_{Ax} = 0$$

Nilai  $R_{Ay}$  dan  $R_{By}$  dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\Sigma M_A = 0$$

Jika momen dihitung pada titik  $R_{Ay}$ , maka,

$$R_{By} \cdot l_2 - P \cdot l_1 - q \cdot l_2 \cdot (l_2/2) = 0$$

$$R_{By} \cdot 2 - 3354,43 \cdot 1 - 6070,526 \cdot 2 \cdot (2/2) = 0$$

$$R_{By} \cdot 2 - 3354,43 - 12141,052 = 0$$

$$R_{By} \cdot 2 - 15495,482 = 0$$

$$R_{By} = 15495,482 / 2$$

$$= 7747,741 \text{ N}$$

Saat turbin di angkat :

$$\Sigma F_x = R_{Ax} - P \cdot \sin \Phi - q \cdot l \sin \Phi = 0$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$= M_A - P \sin \Phi \cdot l_1 - q \cdot l_2 \sin \Phi \cdot (l_2/2)$$

$$M_A = P \sin \Phi \cdot l_1 + q \cdot l_2 \sin \Phi \cdot (l_2/2)$$

$$= 3354,43 \sin 30^\circ \cdot 1 + 6070,526 \sin 30^\circ \cdot 2 \cdot (2/2)$$

$$= 1677,215 + 6070,526$$

$$= 7747,741 \text{ N}$$

**Tabel 4.2 Nilai  $R_{Ax}$  pada berbagai Variasi Sudut**

No.	$\Phi$	$R_{Ax}$ (N)
1	0	0
2	30	7747,741
3	45	10955.31
4	60	13419.09
5	90	15495.48

Dalam perhitungan diameter poros engsel F yang digunakan adalah F pada kondisi sudut  $90^0$  karena nilainya terbesar.

$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = 15495.48 \text{ N / A}$$

$$180 \text{ N/mm}^2 = 15495.48 \text{ N / A}$$

$$A = 15495.48 \text{ N / } 180 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 86,086 \text{ mm}^2$$

Sehingga  $\Phi$  poros engsel minimal adalah

$$A = \pi \times r^2$$

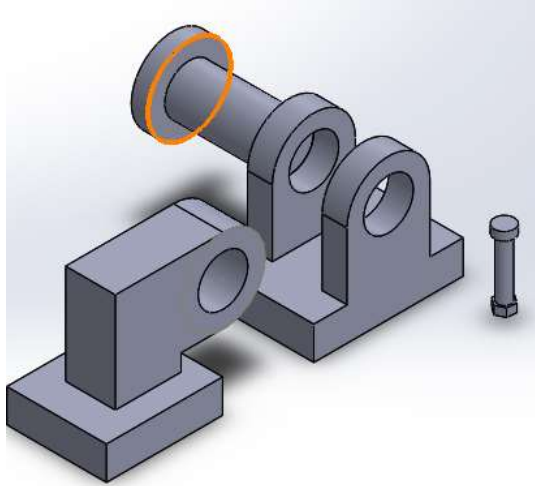
$$86,086 = 3.14 \times r^2$$

$$r^2 = (\sqrt{86,086 / 3.14}) \times 2 \text{ (sefty factor)}$$

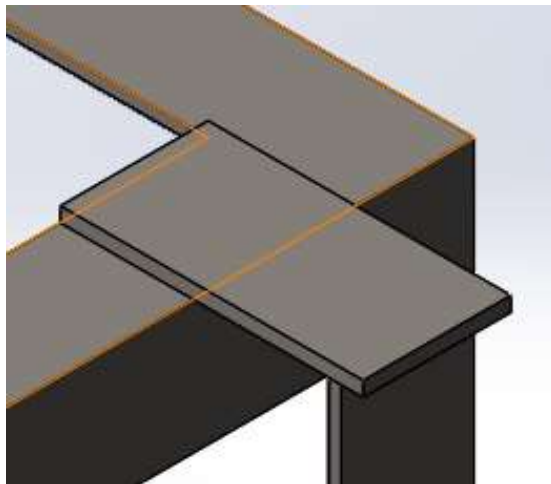
$$r = 10,434 \text{ mm}$$

Sehingga :

- $\Phi$  poros engsel yang digunakan adalah 21 mm
- Dimensi Plat penumpuh  $p = 60\text{mm}$ ,  $l = 50\text{mm}$ ,  $t = 10\text{mm}$
- Dimensi hinges :  $T = 50,5\text{mm}$ ,  $p = 72 \text{ mm}$ ,  $t = 20\text{mm}$
- Dimensi pad :  $T = 50,5\text{mm}$ ,  $l = 40 \text{ mm}$ ,  $t = 10\text{mm}$
- Dimensi pin :  $p = 35 \text{ mm}$ ,  $\Phi = 8\text{mm}$



**Gambar 4.10 Engsel Support**



**Gambar 4.11 Penahan Support**

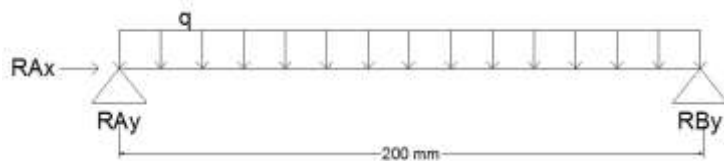
Penahan support digunakan untuk menahan support turbin agar tetap pada kondisi dudukannya.

Dimensi penahan support :

$$q = 7747,741 \text{ N}$$

Bahan = ASTM A32

$$p = 200 \text{ mm}$$



**Gambar 4.12 Diagram Momen Penahan Support**

$$\Sigma F_y = R_{Ay} - q \cdot l = 0$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma M_A = M_A - q \cdot l \cdot l / 2$$

$$\begin{aligned} M_A &= q \cdot l \cdot l / 2 \\ &= 7747,741 \cdot 0,2 \cdot 0,2 / 2 \\ &= 154.954 \text{ N} \end{aligned}$$

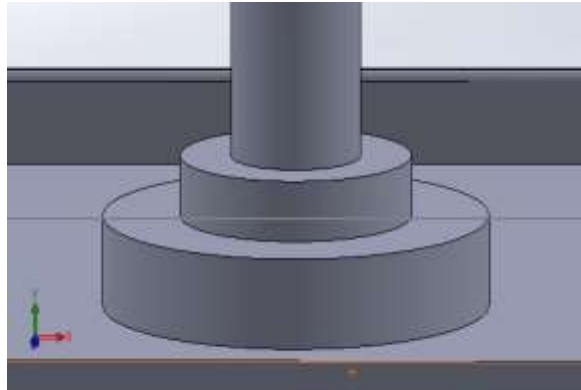
$$\sigma = F/A$$

$$A = 154.954 \text{ N} \cdot 2 / 250 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{\text{Min}} = 1,23 \text{ mm}^2$$

Sehinggah dimensi dari Penahan Support yang di ambil adalah  $p = 200\text{mm}$ ,  $t = 15 \text{ mm}$ , dan  $l = 100 \text{ mm}$  dengan  $A = 150 \text{ mm}^2$

Sedangkan untuk poros turbin harus didukung dengan adanya *bearing*. Untuk meminimalkan getaran dari putaran baling-baling yang bekerja. Dibuatkan 2 buah *bearing* yang menggunakan standart ISO dengan diameter poros 127 mm



**Gambar 4.13 Penempatan Bearing**

#### **4.4 Simulasi Solidwork**

Setelah dilakukan pembuatan model yang sudah digabungkan menjadi satu seperti diatas maka langkah selanjutnya yaitu melakukan simulasi dengan *Solidwork*. Adapun proses untuk *running* konstruksi support turbin adalah sebagai berikut:

a. Pemilihan material

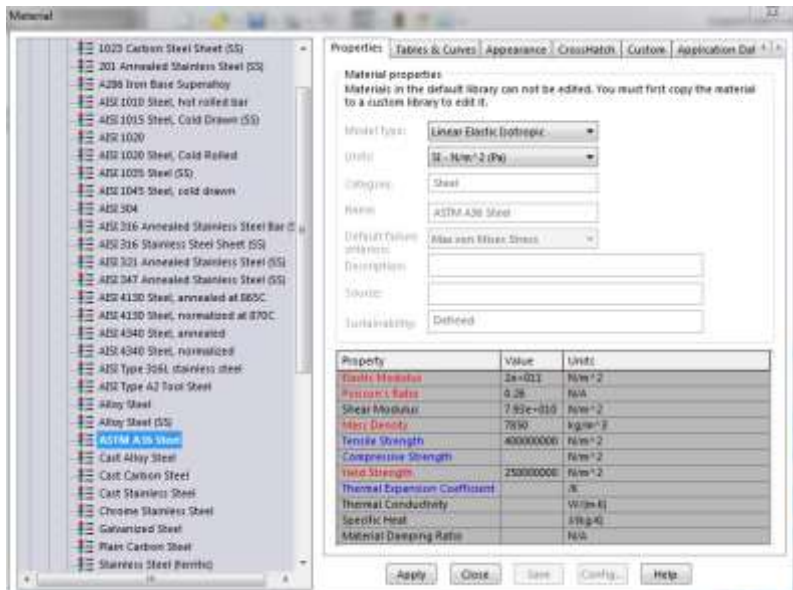
Sebelum dilakukan simulasi maka harus ditentukan terlebih dahulu untuk jenis material yang akan digunakan. Pada *Solidwork* sudah terdapat



spesifikasi untuk berbagai jenis material yang sudah disediakan. Apabila material yang diinginkan tidak terdapat pada *Solidwork* maka harus memasukkan data-data material yang diperlukan untuk dapat dilakukan proses simulasi.

**Tabel 4.3 Spesifikasi material**

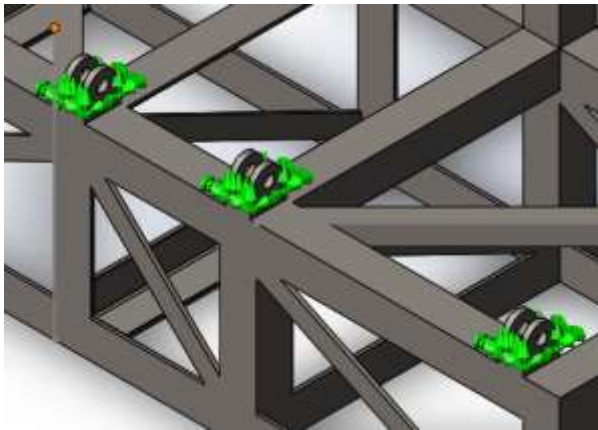
Standart	Grade	Mechanical Properties		
		Tensile Test		
		Yield Strength (Mpa)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation (%)
ASTM A 36	A 36	$\geq 250$	400-550	$\geq 23$



**Gambar 4.14 Pemilihan Material**

b. Pemilihan *Fixture*

Pada perancangan Support Turbin ini ditentukan jepit (*fixture*) pada model saat akan dilakukan simulasi. Pada Solidwork terdapat banyak macam untuk *fixture*. Untuk perancangan Support Turbin ini dipilih *fixed geometry* untuk penahan Support Turbin dan *fixed hinge* untuk engselnya. Sebab nantinya yang akan dilakukan analisa statis yaitu pada bagian Support Turbin. Apakah konstruksi tersebut sudah dapat menahan beban yang bekerja dan apakah memenuhi atau tidak.



**Gambar 4.15** *fixed geometry*

c. *Eksternal Load*

Penentuan gaya yang bekerja pada Support Turbin untuk dilakukan simulasi yaitu terlebih dahulu menghitung gaya yang terjadi pada Support Turbin. Untuk gaya gravitasi juga ditambahkan pada konstruksi ini.

Jadi beban yang bekerja pada support turbin adalah :

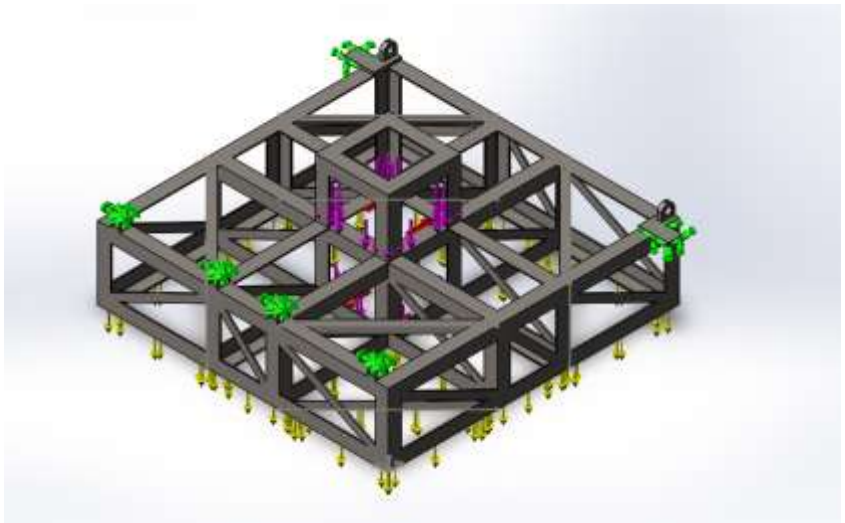
a. Beban searah sumbu Y :

- P1 (perhitungan 4.2.1) = 6070,526 N  
(beban dengan indikasi warna kuning)
- P2 (perhitungan 4.2.2) = 3354,43 N  
(beban dengan indikasi warna magenta)

b. Beban searah sumbu X :

- P3 (perhitungan 4.2.3) = 21.586,896 N  
Gaya yang di distribusikan dari penumpuh bearing gambar 4.13 (beban dengan indikasi warna merah)

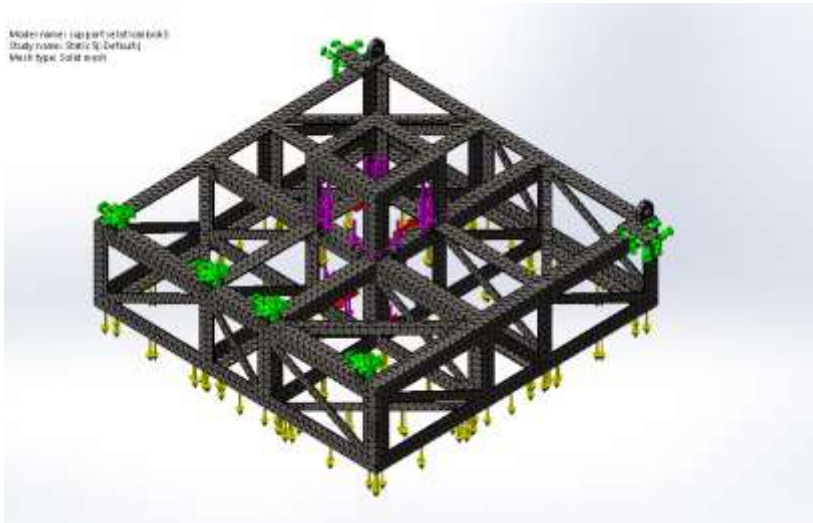
setelah di ketahui external load yang bekerja pada support turbin kemudian gaya tersebut di distribusikan ke seluruh konstruksi suppor.



**Gambar 4.16 Distribusi gaya**

c. Proses *Meshing*

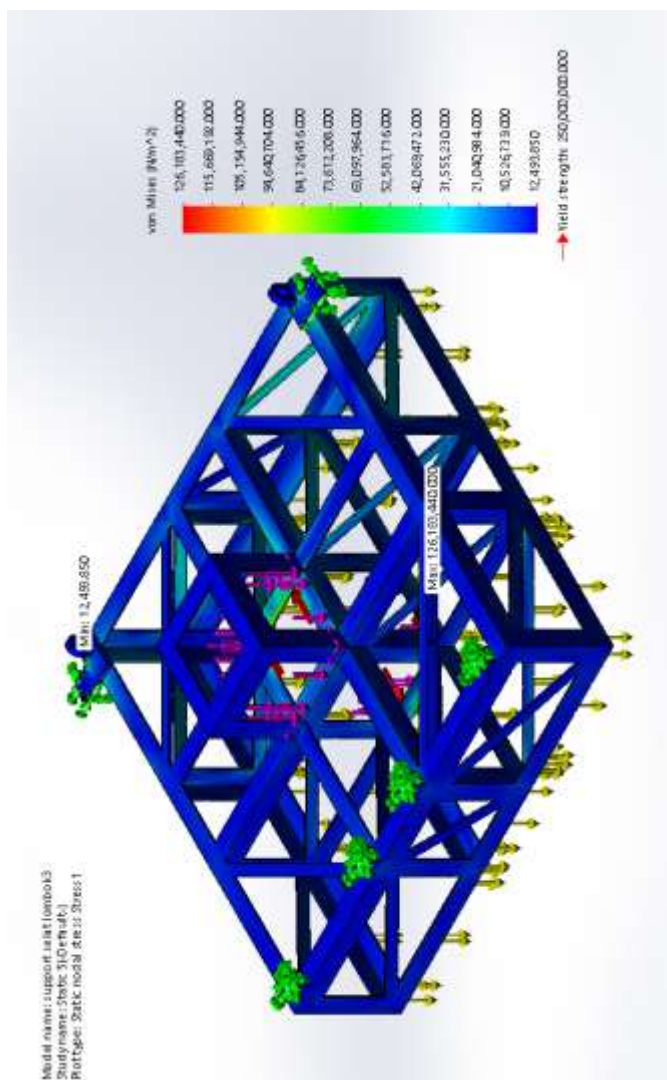
Untuk proses *mesh* merupakan pembagian titik-titik dimana akan terdapat ukuran yang dapat diatur sesuai yang diinginkan. Semakin kecil ukuran dari *mesh*, maka hasil analisisnya semakin mendekati kebenaran dan begitupun sebaliknya. Pada perancangan support turbin ini untuk ukuran *mesh* yaitu 80 mm. Bentuk untuk *mesh* pada benda seperti jaring-jaring yang melingkupi semua bagian yang ada pada benda. Setelah *mesh* sudah bisa dilakukan, maka proses *running* sudah dapat dilakukan apabila data yang di input kan sudah benar.



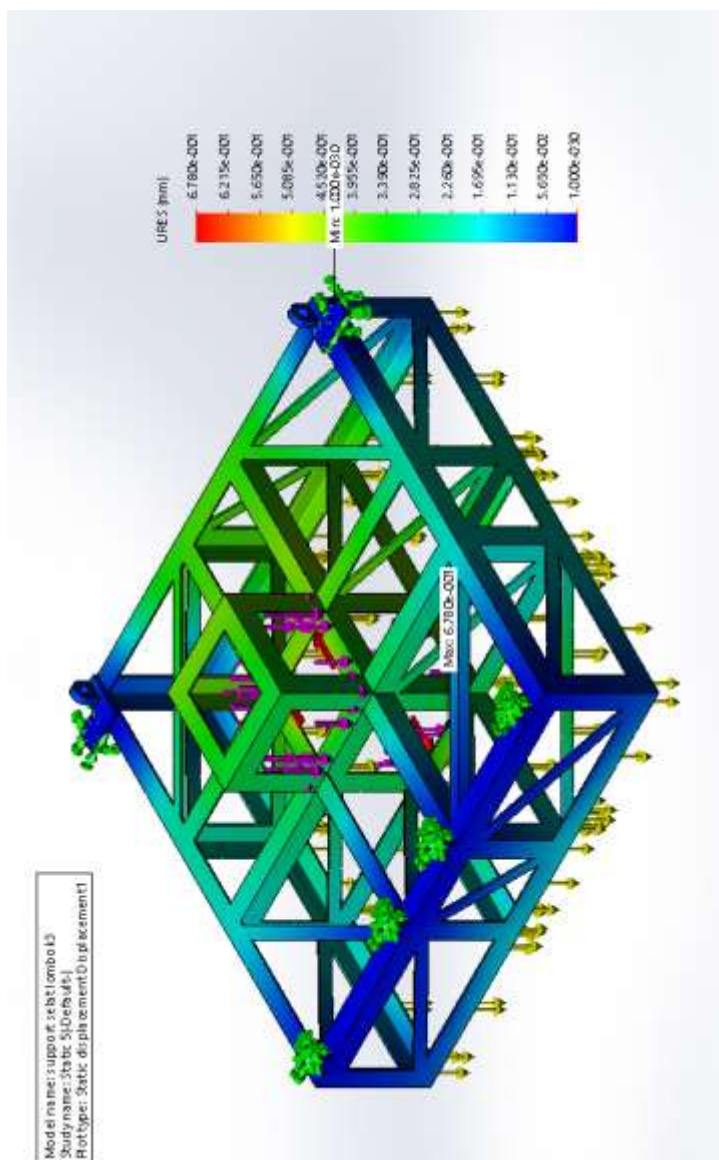
**Gambar 4.17 *Meshing***

#### **4.5 Hasil Dari Simulasi**

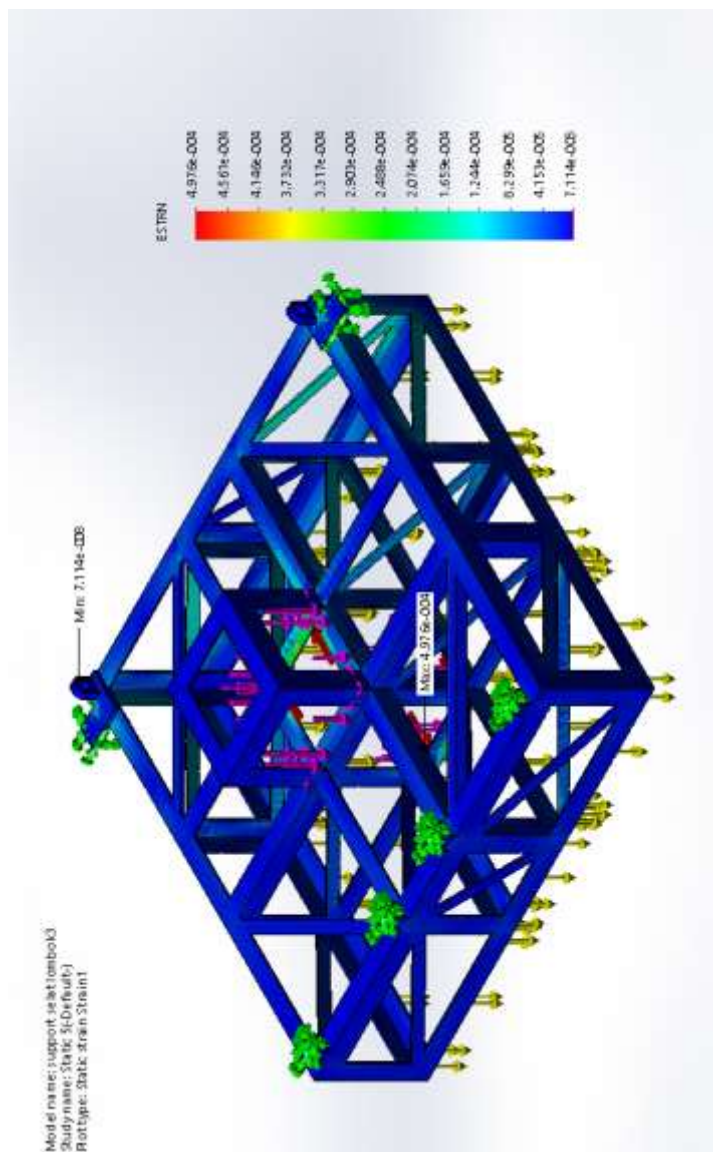
Setelah proses *running* selesai, maka akan keluar hasil dari simulasi turbin angin tersebut. Untuk hasil dari simulasi diantaranya adalah *stress von mises*, *displacement*, *strain* dan *safety factor*. *Stress analisys* ini akan menunjukkan bagian mana yang terkena pembebanan paling besar dan terkecil. Daerah tersebut akan ditandai dengan perbedaan warna yang terlihat pada benda. Terdapat kisaran warna yang sudah didetailkan pada sisi samping benda. Jadi bagian warna tersebut terdapat nilai-nilai yang nantinya akan terbaca pada hasil simulasi.



**Gambar 4.18 Hasil *stress von mises***

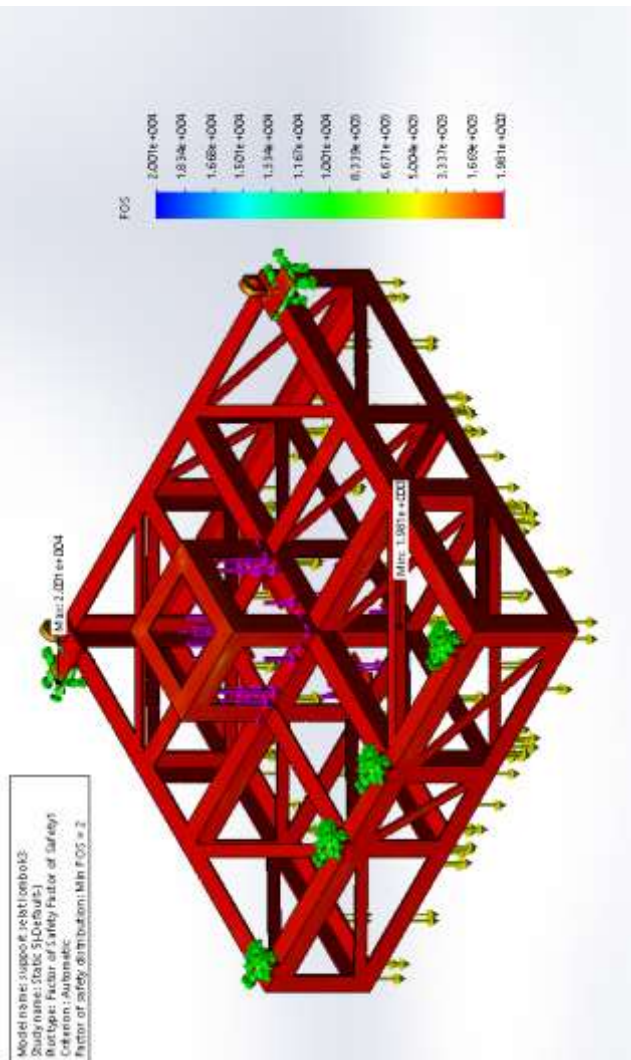


Gambar 4.19 Hasil *displacement* 1



**Gambar 4.20 Hasil *strain***





**Gambar 4.21 Hasil *factor of safety***

**Tabel 4.4 Analisa Desain Support Turbin**

ANALISA DESAIN SUPPORT TURBIN			
ANALISA	HASIL		KETERANGAN
	SIMULASI	MATERIAL	
<i>STRESS VON MISES</i>	1 26,183,440 (N/m <sup>2</sup> )	2 50,000,000 (N/m <sup>2</sup> )	<u>memenuhi</u>
<i>displacement</i>	0.678 (mm)	-	
<i>strain</i>	4,976 x 10 <sup>-4</sup> (mm)	0,7112 mm	<u>memenuhi</u>
<i>Safety Factor</i>	2	2	<u>memenuhi</u>

#### ❖ **Standart *Marine***

Standart *marine* merupakan standart yang digunakan dalam menentukan suatu material yang akan digunakan. Adapun kriteria secara umum yang dapat dikatakan sebagai standart *marine*.

- Harus lebih tahan terhadap korosi karena laut memiliki kadar garam yang cukup tinggi.
- Harus tahan terhadap kavitasi.
- Untuk daerah yang sering terkena tegangan dinamis harus bisa menerima tegangan-tegangan tersebut.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari perancangan konstruksi support turbin yang kemudian di simulasi dan di analisa menggunakan *software Solidwork* yang telah dilakukan oleh penulis maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Tegangan (*stress von mises*) yang terjadi pada konstruksi support turbin air yang sudah di simulasi menghasilkan nilai terbesar sebesar  $126,183,440 \text{ N/m}^2$   $\text{N/m}^2$  seperti di tunjukanpada detail A.
2. Untuk regangan (*strain*) maksimal dari konstruksi support turbin air didapatkan nilai dari hasil simulasi sebesar  $4,976 \times 10^{-4}$ .
3. Untuk hasil *displacement* terbesar sebesar 0,678 mm. *Displacement* merupakan batas deformasi yang didapatkan dari suatu bentuk benda.
4. Sedangkan untuk hasil dari *safety factor* minimal yaitu sebesar 2 yang artinya konstruksi tersebut aman dengan pembebanan yang sudah ditentukan.
5. Jadi secara garis besar konstruksi support turbin ini dapat dikatakan aman setelah dilakukan proses simulasi dengan Solidwork.

## **5.2. Saran**

Hasil dari perancangan konstruksi support turbin yang sudah dilakukan simulasi dan analisa dengan *Solidwork* ini penulis memberikan beberapa saran.

1. Perlu dilakukan analisa lebih lanjut dengan memberi pembebanan yang bervariasi atau ditambahkan.
2. Dapat di variasikan kembali dengan pemodelan yang lain

## 1. Perhitungan Engsel

Dimana :

$$\begin{aligned}P &= \text{berat konstruksi} + \text{berat Turbin} \\&= 6070,526 + 3354,43 \\&= 9424,956 \text{ N}\end{aligned}$$

$R_{Ay}$  = Tumpuan Engsel

$R_{By}$  = Tumpuan Jepit

$$\begin{aligned}FY &= R_{Ay} + R_{By} = P + ql_1 \\R_{Ay} + R_{By} &= 3354,43 + 6070,526 \cdot 2 \\&= 15495.482 \text{ N}\end{aligned}$$

$$R_{Ax} = 0$$

Nilai  $R_{Ay}$  dan  $R_{By}$  dapat diperoleh dengan persamaan

berikut :

$$M_A = 0$$

Jika momen dihitung pada titik  $R_{Ay}$ , maka,

$$\begin{aligned}R_{By} \cdot l_2 - P \cdot l_1 - q \cdot l_2 \cdot (l_2/2) &= 0 \\R_{By} \cdot 2 - 3354,43 \cdot 1 - 6070,526 \cdot 2 \cdot (2/2) &= 0 \\R_{By} \cdot 2 - 3354,43 - 12141,052 &= 0 \\R_{By} \cdot 2 - 15495.482 &= 0 \\R_{By} = 15495.482 / 2 \\&= 7747,741 \text{ N}\end{aligned}$$

Saat turbin di angkat :

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= R_{Ax} - P \cdot \sin \Phi - q \cdot l \sin \Phi = 0 \\ \Sigma M_A &= 0 \\&= M_A - P \sin \Phi \cdot l_1 - q \cdot l_2 \sin \Phi \cdot (l_2/2) \\M_A &= P \sin \Phi \cdot l_1 + q \cdot l_2 \sin \Phi \cdot (l_2/2) \\&= 3354,43 \sin 30^\circ \cdot 1 + 6070,526 \sin 30^\circ \cdot 2 \cdot (2/2) \\&= 1677.215 + 6070,526 \\&= 7747,741 \text{ N}\end{aligned}$$

**Tabel 4.2 Nilai RAx pada berbagai Variasi Sudut**

No.	$\Phi$	RAx (N)
1	0	0
2	30	7747,741
3	45	10955.31
4	60	13419.09
5	90	15495.48

Dalam perhitungan diameter poros engsel F yang di gunakan adalah F pada kondisi sudut  $90^0$  karena nilainya terbesar.

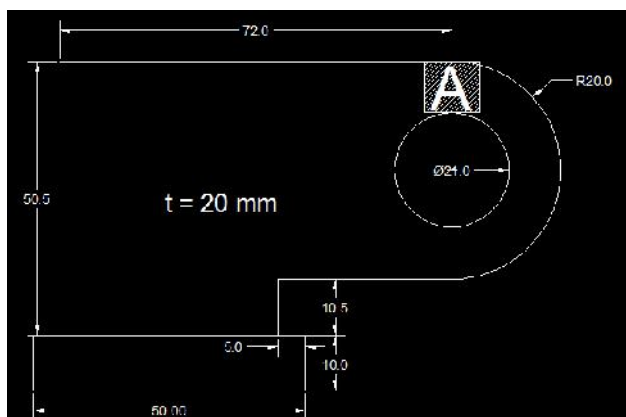
$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = 15495.48 \text{ N} / A$$

$$180 \text{ N/mm}^2 = 15495.48 \text{ N} / A$$

$$A = 15495.48 \text{ N} / 180 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 86,086 \text{ mm}^2$$



**Gambar Dimensi Hinges**

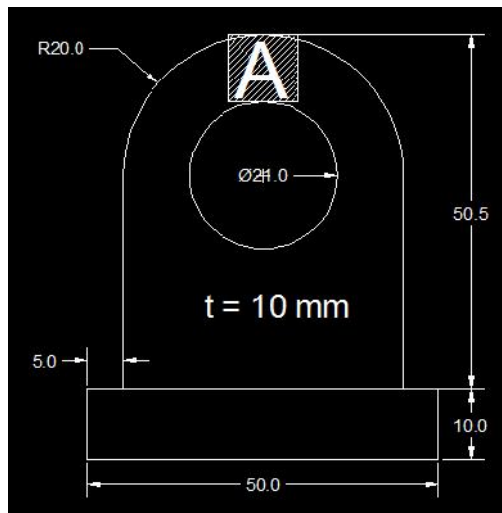
Nilai A untuk Hinges sebesar  $86,086 \text{ mm}^2$  sehingga :

$$t = 86,086 / (20 - 10,5) \times 2$$

dimana 2 adalah sefty faktor

$$= 18,12 \text{ mm}$$

t yang digunakan = 20 mm



**Gambar Dimensi Pad**

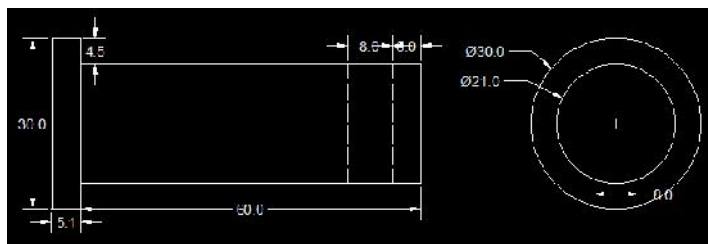
Nilai A untuk Pad sebesar  $86,086 \text{ mm}^2$  sehingga :

$$t = ((86,086 / (20 - 10,5)) / 2) \times 2$$

dimana 2 adalah sefty faktor

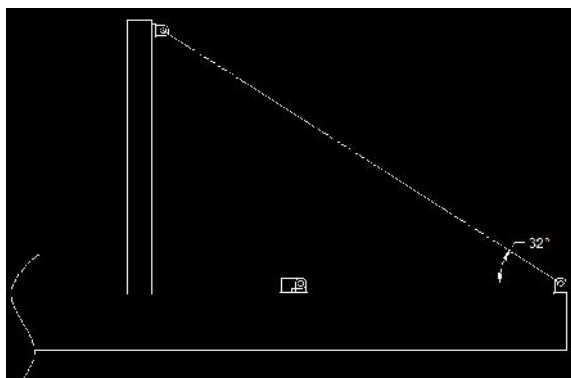
$$= 9,62 \text{ mm}$$

t yang digunakan = 10 mm



**Gambar Dimensi Poros Engsel**

## 2. Perhitungan Flange untuk Crane



**Gambar Crane Support**

Dimana :

P = gaya akibat berat konstruksi + gaya akibat berat Turbin

$$\begin{aligned}
 P &= 6070,526 + 3354,43 \\
 &= 9424,956 \text{ N}
 \end{aligned}$$



**Tabel Nilai P**

No.	$\phi$	$\cos \phi$	P	$\cos \phi \times P$
1	30	0.866	9424.956	8162.0119
2	45	0.7	9424.956	6597.4692
3	60	0.5	9424.956	4712.478
4	90	0	9424.956	0

Dalam perhitungan Flange untuk Crane F yang di gunakan adalah F pada kondisi sudut  $30^0$  karena nilainya terbesar.

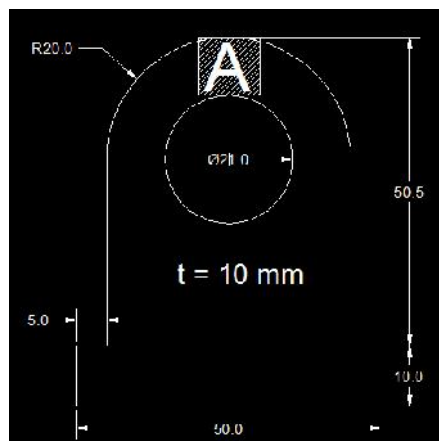
$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = 8162,012 \text{ N / A}$$

$$180 \text{ N/mm}^2 = 8162,012 \text{ N / A}$$

$$A = 8162,012 \text{ N / } 180 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 45,344 \text{ mm}^2$$



**Gambar Dimensi Flange**

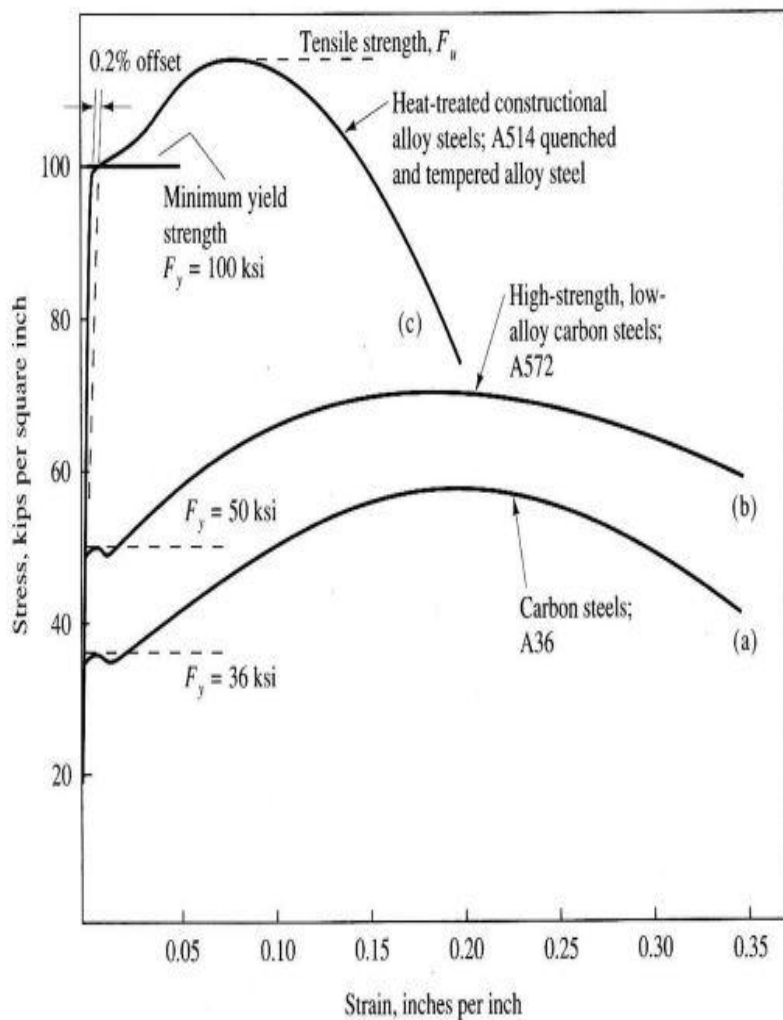
Nilai A untuk Flange sebesar  $86,086 \text{ mm}^2$  sehingga :

$$t = ((45,344 / (20 - 10,5)) \times 2$$

dimana 2 adalah safety faktor

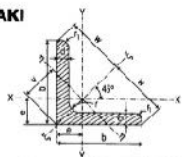
$$= 9,546 \text{ mm}$$

t yang digunakan = 10 mm



# **BAJA SIKU-SIKU SAMAKAKI**

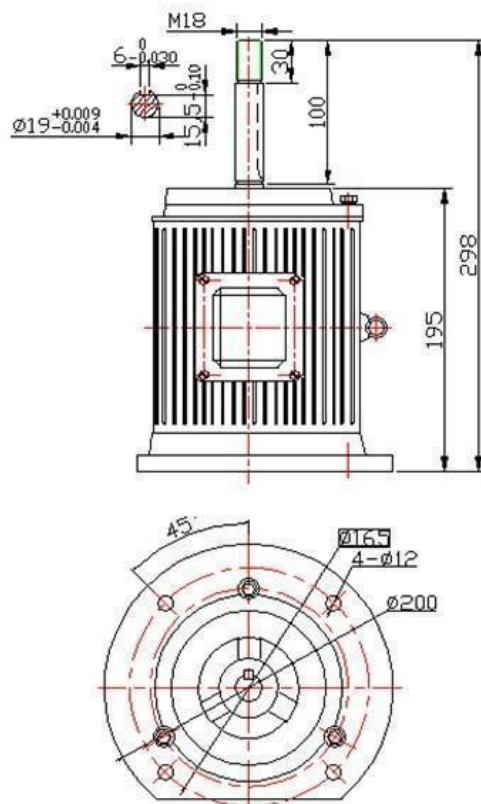
panjang biasa 3 = 15 m



$F$  = penampang  
 $I$  = momen kelambatan  
 $W$  = momen tahanan  
 $i$  = jari-jari kelambatan =  $\sqrt{\frac{I}{F}}$   
 $k$  = kofisien profil =  $\frac{F^2}{I}$

L	ukuran-ukuran dalam mm				F cm <sup>2</sup>	berat kg/m	jarak titik berat-titik berat dalam cm			$I_x = I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_x = W_y$ cm <sup>3</sup>	$i_x = i_y$ cm	$k_x = k_y$
	a	b	t	r			e	w	v				
15-15-3	15	3	3,5	2	0,82	0,64	0,48	1,06	0,67	0,15	0,15	0,43	4,48
15-15-4	15	4			1,05	0,82	0,51		0,73	0,19	0,19	0,42	5,31
20-20-3	20	3	3,5	2	1,12	0,88	0,60	1,41	0,85	0,39	0,28	0,59	3,23
20-20-4	20	4			1,45	1,14	0,64		0,90	0,48	0,35	0,58	4,38
25-25-3	25	3	3,5	2	1,42	1,12	0,73	1,77	1,03	0,79	0,45	0,75	2,56
25-25-4	25	4			1,85	1,45	0,76		1,08	1,01	0,58	0,74	3,38
25-25-5	25	5			2,26	1,77	0,80		1,13	1,18	0,69	0,72	4,32
30-30-3	30	3	3,5	2	1,74	1,35	0,84	2,12	1,18	1,41	0,65	0,50	2,14
30-30-4	30	4			2,27	1,78	0,89		1,24	1,81	0,86	0,69	2,85
30-30-5	30	5			2,78	2,18	0,92		1,30	2,16	1,04	0,68	3,56
35-35-4	35	4	3,5	2,5	2,67	2,10	1,00	2,47	1,41	2,96	1,18	1,05	2,41
35-35-6	35	6			3,87	3,04	1,08		1,53	4,14	1,71	1,04	3,51
40-40-4	40	4	3,5	3	3,08	2,42	1,12	2,83	1,58	4,48	1,56	1,21	2,12
40-40-5	40	5			3,79	2,97	1,16		1,64	5,43	1,91	1,20	2,64
40-40-6	40	6			4,48	3,52	1,20		1,70	6,33	2,26	1,19	3,18
45-45-5	45	5	3,5	3,5	4,30	3,38	1,28	3,18	1,81	7,83	2,43	1,35	2,36
45-45-7	45	7			5,86	4,60	1,36		1,92	10,4	3,31	1,33	3,29
50-50-5	50	5	3,5	3,5	4,80	3,77	1,40	3,54	1,98	11,0	3,05	1,51	2,10
50-50-6	50	6			5,69	4,47	1,45		2,04	12,8	3,61	1,50	2,44
50-50-7	50	7			6,56	5,15	1,49		2,11	14,6	4,15	1,49	2,94
50-50-9	50	9			8,24	6,74	1,56		2,21	17,9	5,20	1,47	3,80
55-55-6	55	6	3,5	4	6,31	4,96	1,56	3,89	2,21	17,3	4,40	1,66	2,30
55-55-8	55	8			8,23	6,45	1,64		2,32	22,1	5,72	1,64	3,08
55-55-10	55	10			10,1	7,90	1,72		2,43	26,3	5,97	1,62	3,88
60-60-6	60	6	3,5	4	6,91	5,42	1,69	4,24	2,39	22,8	5,29	1,62	2,09
60-60-8	60	8			9,03	7,09	1,77		2,50	29,1	6,88	1,80	2,82
60-60-10	60	10			11,1	8,69	1,85		2,62	34,3	8,4	1,78	3,55
65-65-7	65	7	3,5	4,5	8,70	6,84	1,85	4,60	2,62	33,4	7,18	1,96	2,27
65-65-9	65	9			11,0	8,62	1,93		2,73	41,3	9,04	1,94	2,93
65-65-11	65	11			13,2	10,3	2,00		2,83	48,3	10,8	1,91	3,56
70-70-7	70	7	3,5	4,5	9,40	7,34	1,97	4,96	2,79	42,4	8,43	2,12	2,89
70-70-9	70	9			11,9	9,34	2,05		2,90	52,3	10,6	2,13	3,77
70-70-11	70	11			14,3	11,2	2,13		3,01	61,3	12,7	2,08	3,32
75-75-7	75	7	3,5	5	10,1	7,94	2,09	5,30	2,95	62,4	9,67	2,28	1,95
75-75-8	75	8			11,5	9,03	2,13		3,01	68,3	11,0	2,25	2,24
75-75-10	75	10			14,1	11,1	2,21		3,12	71,4	13,5	2,25	2,78
75-75-12	75	12			16,7	13,1	2,29		3,24	82,4	15,8	2,22	3,41

80 model vertical axis wind power generator installation drawing and  
technical data



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Spott M. F., Design of Machine Elements, New Delhi, Prentice Hall, 1978
- [2] JAMES AMBROSE, SIMPLIFIED MECHANICS AND STRENGTH OF MATERIALS Sixth Edition. University of Southern California.
- [3] Agustinus Purna Irawan, Mekanika Teknik (Statika Struktur), Universitas Tarumanagara, 2007
- [4] American petroleum institut, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms—Working Stress Design, 2002
- [5] <http://www.gurupendidikan.com/pengertian-arus-laut-dan-jenis-arus-laut-terlengkap>
- [6] <http://industryoleochemical.blogspot.co.id/2012/03/pengertian-dan-jenis-jenis-turbin.html>
- [7] <http://www.absak.com/catalog/images/enc-010-f4.jpg>
- [8] <http://www.satuenergi.com/2015/03/jenis-turbin-energi-arus-laut-tidal.html>
- [9] <http://www.gurupendidikan.com/2015/11/pengertian-arus-laut-dan-jenis-arus-laut-terlengkap>

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sidoarjo pada 29 Mei 1991 dengan nama Slamet Dwi Hariyanto yang merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Sugiyanto dan Suhartini. Penulis telah menempuh pendidikan formal yakni di SDN Bendotretek 1, SMPN1 Balongbendo, SMK Teknik Perkapalan Surabaya, D3 Politeknik perkapalan negeri surabaya-ITS dan terakhir melanjutkan pendidikan di

ITS surabaya melalui program lintas jalur mengambil jurusan Teknik Sistem Perkapalan pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 4213105025. Penulis menyelesaikan studi Strata-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.

Di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ini penulis mengambil Bidang *Study Merine Machinery Design and Manufacture*. Penulis tengah mendalami beberapa *software* desain baik secara umum maupun bidang perkapalan.

Dalam alamat penulis saat ini adalah Desa Bendotretek Rt. IV Rw. I Kec. Prambon Kab. Sidoarjo. Nomor tlp yang dapat di hubungi adalah 082232752472 dan alamat email yang dapat di jangkau adalah Blackanchor44@gmail.com